

TDK-dolgozat

Dénes Botond

Vízközeli hulladéklerakók megbízható detektálása multispektrális műholdfelvételek segítségével

EÖTVÖS LORÁND TUDOMÁNYEGYETEM

INFORMATIKAI KAR

PROGRAMOZÁSELMÉLET ÉS SZOFTVERTECHNOLÓGIAI TANSZÉK



Szerző:

Dénes Botond

programtervező informatikus MSc

2. évfolyam

Témavezető:

Cserép Máté

egyetemi tanársegéd

Budapest, 2024

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	2
2. Elemzés és tervezés	3
3. Betanítás	4
3.0.1. Tanítóadatok	4
4. Megvalósítás és alkalmazás	5
4.1. Tételek, definíciók, megjegyzések	5
4.1.1. Egyenletek, matematika	6
4.2. Forráskódok	7
4.2.1. Algoritmusok	8
5. Összefoglalás és eredmények	9
Köszönetnyilvánítás	10
A. Szimulációs eredmények	11
Irodalomjegyzék	13
Ábrajegyzék	14
Táblázatjegyzék	15
Algoritmusjegyzék	16
Forráskódjegyzék	17

1. fejezet

Bevezetés

A hulladékszennyezés komoly problémát jelent a természet számára [1]. Emiatt számos szervezet mozdul abba az irányba, hogy tisztábbá tegye a bolygónkat. Egy ilyen szervezet a PET Kupa, akik elsősorban folyómenti hulladékgyűjtéssel foglalkoznak elsősorban Magyarországon, de figyelmük kiterjed a szomszédos országokra is. Az egyik nagy kihívás a szemétgyűjtésben ezeknek a területeknek megtalálása. Sok emberi és pénzügyi erőforrást igényel a hulladéklerakók megtalálása a folyók mentén, hiszen járművekkel valakinek végig kell haladnia egy hosszabb területen, csak azért, hogy felmérje, hogy hol van hulladék. Ehhez jelentős mennyiségű üzemanyagot kell elhasználni. Emiatt hatékonyabb eszközökre van szükségünk, hogy ezt a folyamatot felgyorsítsuk. Ennek fényében a PET Kupa felkereste az egyetemünket azzal a kéréssel, hogy olyan eszközöket fejlesszünk le, melyek automatikusan képesek lesznek hulladékot detektálni a folyók mentén.

Ide esetleg egy
hivatkozás?

A dolgozatomban bemutatok egy Random Forest modell-t, mely a kutatólaborban már lefejlesztett modellre épül [2]. A bemutatott modell javít a korábbi modell problémáin, illetve nagyobb megbízhatósággal találja meg a hulladékot a folyókon és a folyók mentén. A modell eredményei integrálásra kerülnek a Tiszta Tisza webalkalmazásba, ahol több napon keresztül történő detektálás eredménye lesz összesítve és megjelenítve a felhasználók számára.

Hivatkozni a
weboldalra

2. fejezet

Elemzés és tervezés

A cél az, hogy a kutatás során szerzett modell megbízhatóan detektáljon hulladéklerakókat. Ehhez a false positive arányok minél kisebbek kell legyenek, míg a true positive arányok minél nagyobbak. Ugyanakkor nem jelent ugyanakkora problémát egy false negative, mint egy false positive, mivel a false positive eredmények fölöslegesen rossz irányba küldhetik a folyómentő csapatot. A kutatólabor 2023-as cikkjében bemutatott modell (továbbiakban meglevő modell) egyik problémája a nagy false positive arányok voltak Planet felvételeken. A modell a pusztazámori hulladéklerakóról, illetve a kiskörei víztárolóról szerzett adatokkal volt betanítva. Ezért érdemes egy nagyobb adathalmazzal betanítani a modellt.

3. fejezet

Betanítás

3.0.1. Tanítóadatok

A betanításhoz 29 romániai hulladéklerakó [3] és közvetlen környezete került a tanítóadatok közé, illetve a Kiskörei víztároló is. Minden hulladéklerakóhoz tartozik egy-egy nyári+tavaszi, téli és őszi multispektrális műholdkép, melyeket kézzel annotáltam.

4. fejezet

Megvalósítás és alkalmazás

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis nibh leo, dapibus in elementum nec, aliquet id sem. Suspendisse potenti. Nullam sit amet consectetur nibh. Donec scelerisque varius turpis at tincidunt.

4.1. Tételek, definíciók, megjegyzések

1. Definíció. Mauris tristique sollicitudin ultrices. Etiam tristique quam sit amet metus dictum imperdiet. Nunc id lorem sed nisl pulvinar aliquet vitae quis arcu. Morbi iaculis eleifend porttitor.

Maecenas rutrum eros sem, pharetra interdum nulla porttitor sit amet. In vitae viverra ante. Maecenas sit amet placerat orci, sed tincidunt velit. Vivamus mattis, enim vel suscipit elementum, quam odio venenatis elit, et mollis nulla nunc a risus. Praesent purus magna, tristique sed lacus sit amet, convallis malesuada magna. Phasellus faucibus varius purus, nec tristique enim porta vitae.

1. Tétel. *Nulla finibus ante vel arcu tincidunt, ut consectetur ligula finibus. Mauris mollis lectus sed ipsum bibendum, ac ultrices erat dictum. Suspendisse faucibus euismod lacinia. Etiam vel odio ante.*

Bizonyítás. Etiam pulvinar nibh quis massa auctor congue. Pellentesque quis odio vitae sapien molestie vestibulum sit amet et quam. Pellentesque vel dui eget enim hendrerit finibus at sit amet libero. Quisque sollicitudin ultrices enim, nec porta magna imperdiet vitae. Cras condimentum nunc dui. □

Donec dapibus sodales ante, at scelerisque nunc laoreet sit amet. Mauris porttitor tincidunt neque, vel ullamcorper neque pulvinar et. Integer eu lorem euismod, faucibus lectus sed, accumsan felis.

Emlékeztető. Nunc ornare mi at augue vulputate, eu venenatis magna mollis. Nunc sed posuere dui, et varius nulla. Sed mollis nibh augue, eget scelerisque eros ornare nec. Praesent porta, metus eget eleifend consequat, eros ligula eleifend ex, a pellentesque mi est vitae urna. Vivamus turpis nunc, iaculis non leo eget, mattis vulputate tellus.

Fusce in aliquet neque, in pretium sem. Donec tincidunt tellus id lectus pretium fringilla. Nunc faucibus, erat pretium tempus tempor, tortor mi fringilla neque, ac congue ex dui vitae mauris. Donec pretium et quam a cursus.

Megjegyzés. Aliquam vehicula luctus mi a pretium. Nulla quam neque, maximus nec velit in, aliquam mollis tortor. Aliquam erat volutpat. Curabitur vitae laoreet turpis. Integer id diam ligula.

Ut sollicitudin tempus urna et mollis. Aliquam et aliquam turpis, sed fermentum mauris. Nulla eget ex diam. Donec eget tellus pharetra, semper neque eget, rutrum diam.

4.1.1. Egyenletek, matematika

Duis suscipit ipsum nec urna blandit, $2 + 2 = 4$ pellentesque vehicula quam fringilla. Vivamus euismod, lectus sit amet euismod viverra, dolor metus consequat sapien, ut hendrerit nisl nulla id nisi. Nam in leo eu quam sollicitudin semper a quis velit.

$$a^2 + b^2 = c^2$$

Phasellus mollis, elit sed convallis feugiat, dolor quam dapibus nibh, suscipit consectetur lacus risus quis sem. Vivamus scelerisque porta odio, vitae euismod dolor accumsan ut.

In mathematica, identitatem Euleri (equation est scriptor vti etiam notum) sit aequalitatem 4.1. egyenlet:

$$e^{i \times \pi} + 1 = 0 \quad (4.1)$$

Vestibulum ante ipsum primis in faucibus orci luctus et ultrices posuere cubilia curae; Nullam pulvinar purus at pharetra elementum. Aequationes adsignans aequationis

signum:

$$A = \frac{\pi r^2}{2} \quad (4.2)$$

$$= \frac{1}{2} \pi r^2 \quad (4.3)$$

Proin tempor risus a efficitur condimentum. Cras lobortis ligula non sollicitudin euismod. Fusce non pellentesque nibh, non elementum tellus. Omissa numeratione aliquarum aequationum:

$$\begin{aligned} f(u) &= \sum_{j=1}^n x_j f(u_j) \\ &= \sum_{j=1}^n x_j \sum_{i=1}^m a_{ij} v_i \\ &= \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m a_{ij} x_j v_i \end{aligned} \quad (4.4)$$

4.2. Forráskódok

Nulla sodales purus id mi consequat, eu venenatis odio pharetra. Cras a arcu quam. Suspendisse augue risus, pulvinar a turpis et, commodo aliquet turpis. Nulla aliquam scelerisque mi eget pharetra. Mauris sed posuere elit, ac lobortis metus. Proin lacinia sit amet diam sed auctor. Nam viverra orci id sapien sollicitudin, a aliquam lacus suscipit. Quisque ac tincidunt leo 4.1. és 4.2. forráskód:

```
1 #include <stdio>
2
3 int main()
4 {
5     int c;
6     std::cout << "Hello World!" << std::endl;
7
8     std::cout << "Press any key to exit." << std::endl;
9     std::cin >> c;
10
11     return 0;
12 }
```

4.1. forráskód. Hello World in C++

```

1 using System;
2 namespace HelloWorld
3 {
4     class Hello
5     {
6         static void Main()
7         {
8             Console.WriteLine("Hello World!");
9
10            Console.WriteLine("Press any key to exit.");
11            Console.ReadKey();
12        }
13    }
14 }

```

4.2. forráskód. Hello World in C#

4.2.1. Algoritmusok

Az 1. algoritmus egy általános elágazás és korlátozás algoritmust (*Branch and Bound algorithm*) mutat be. A 3. lépésben egy megfelelő kiválasztási szabályt kell alkalmazni. Példa forrása: Acta Cybernetica (ez egy hiperlink).

1. Algoritmus A general interval B&B algorithm

Funct IBB(S, f)

```

1: Set the working list  $\mathcal{L}_W := \{S\}$  and the final list  $\mathcal{L}_Q := \{\}$ 
2: while (  $\mathcal{L}_W \neq \emptyset$  ) do
3:     Select an interval  $X$  from  $\mathcal{L}_W$                                 ▷ Selection rule
4:     Compute  $lb f(X)$                                               ▷ Bounding rule
5:     if  $X$  cannot be eliminated then                                ▷ Elimination rule
6:         Divide  $X$  into  $X^j$ ,  $j = 1, \dots, p$ , subintervals          ▷ Division rule
7:         for  $j = 1, \dots, p$  do
8:             if  $X^j$  satisfies the termination criterion then        ▷ Termination rule
9:                 Store  $X^j$  in  $\mathcal{L}_W$ 
10:            else
11:                Store  $X^j$  in  $\mathcal{L}_W$ 
12:            end if
13:        end for
14:    end if
15: end while
16: return  $\mathcal{L}_Q$ 

```

5. fejezet

Összefoglalás és eredmények

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In eu egestas mauris. Quisque nisl elit, varius in erat eu, dictum commodo lorem. Sed commodo libero et sem laoreet consectetur. Fusce ligula arcu, vestibulum et sodales vel, venenatis at velit. Aliquam erat volutpat. Proin condimentum accumsan velit id hendrerit. Cras egestas arcu quis felis placerat, ut sodales velit malesuada. Maecenas et turpis eu turpis placerat euismod. Maecenas a urna viverra, scelerisque nibh ut, malesuada ex.

Aliquam suscipit dignissim tempor. Praesent tortor libero, feugiat et tellus porttitor, malesuada eleifend felis. Orci varius natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Nullam eleifend imperdiet lorem, sit amet imperdiet metus pellentesque vitae. Donec nec ligula urna. Aliquam bibendum tempor diam, sed lacinia eros dapibus id. Donec sed vehicula turpis. Aliquam hendrerit sed nulla vitae convallis. Etiam libero quam, pharetra ac est nec, sodales placerat augue. Praesent eu consequat purus.

Köszönetnyilvánítás

Amennyiben a TDK projektet pénzügyi támogatást kapott egy projektből vagy az egyetemtől, jellemzően kötelező feltüntetni a dolgozatban is. A dolgozat elkészítéséhez segítséget nyújtó oktatók, hallgatótársak, kollégák felé is nyilvánítható külön köszönet.

A. függelék

Szimulációs eredmények

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Pellentesque facilisis in nibh auctor molestie. Donec porta tortor mauris. Cras in lacus in purus ultricies blandit. Proin dolor erat, pulvinar posuere orci ac, eleifend ultrices libero. Donec elementum et elit a ullamcorper. Nunc tincidunt, lorem et consectetur tincidunt, ante sapien scelerisque neque, eu bibendum felis augue non est. Maecenas nibh arcu, ultrices et libero id, egestas tempus mauris. Etiam iaculis dui nec augue venenatis, fermentum posuere justo congue. Nullam sit amet porttitor sem, at porttitor augue. Proin bibendum justo at ornare efficitur. Donec tempor turpis ligula, vitae viverra felis finibus eu. Curabitur sed libero ac urna condimentum gravida. Donec tincidunt neque sit amet neque luctus auctor vel eget tortor. Integer dignissim, urna ut lobortis volutpat, justo nunc convallis diam, sit amet vulputate erat eros eu velit. Mauris porttitor dictum ante, commodo facilisis ex suscipit sed.

Sed egestas dapibus nisl, vitae fringilla justo. Donec eget condimentum lectus, molestie mattis nunc. Nulla ac faucibus dui. Nullam a congue erat. Ut accumsan sed sapien quis porttitor. Ut pellentesque, est ac posuere pulvinar, tortor mauris fermentum nulla, sit amet fringilla sapien sapien quis velit. Integer accumsan placerat lorem, eu aliquam urna consectetur eget. In ligula orci, dignissim sed consequat ac, porta at metus. Phasellus ipsum tellus, molestie ut lacus tempus, rutrum convallis elit. Suspendisse arcu orci, luctus vitae ultricies quis, bibendum sed elit. Vivamus at sem maximus leo placerat gravida semper vel mi. Etiam hendrerit sed massa ut lacinia. Morbi varius libero odio, sit amet auctor nunc interdum sit amet.

Aenean non mauris accumsan, rutrum nisi non, porttitor enim. Maecenas vel tortor ex. Proin vulputate tellus luctus egestas fermentum. In nec lobortis risus, sit amet tincidunt purus. Nam id turpis venenatis, vehicula nisl sed, ultricies nibh. Suspendisse in libero

nec nisi tempor vestibulum. Integer eu dui congue enim venenatis lobortis. Donec sed elementum nunc. Nulla facilisi. Maecenas cursus id lorem et finibus. Sed fermentum molestie erat, nec tempor lorem facilisis cursus. In vel nulla id orci fringilla facilisis. Cras non bibendum odio, ac vestibulum ex. Donec turpis urna, tincidunt ut mi eu, finibus facilisis lorem. Praesent posuere nisl nec dui accumsan, sed interdum odio malesuada.

Irodalomjegyzék

- [1] M.G. Kibria, N.I. Masuk és R. et al. Safayet. „Plastic Waste: Challenges and Opportunities to Mitigate Pollution and Effective Management”. *International Journal of Environmental Research* 17.20 (2023. jan.). ISSN: 2008-2034. URL: <https://doi.org/10.1007/s41742-023-00507-z>.
- [2] Dávid Magyar és tsai. „Waste Detection and Change Analysis based on Multispectral Satellite Imagery”. 2023. jan. DOI: 10.48550/arXiv.2303.14521.
- [3] InfoCons.ro. URL: <https://fiiunexemplu.ro/in-romania-exista-46-depozite-de-deseuri-gropi-de-gunoi/> (elérés dátuma 2024. 04. 02.).

Ábrák jegyzéke

Táblázatok jegyzéke

Algoritmusjegyzék

1.	A general interval B&B algorithm	8
----	--	---

Forráskódjegyzék

4.1. Hello World in C++	7
4.2. Hello World in C#	8